

Potensi Reduksi Sampah terhadap Penurunan Timbulan Gas Rumah Kaca di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Madiun

Talent Nia Pramestiyawati dan I. D. A. A. Warmadewanthi
 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: warma@its.ac.id

Abstrak—Upaya minimisasi perlu dilakukan dalam pengelolaan sampah Kota Madiun, mengingat semakin meningkatnya timbulan sampah. Upaya minimisasi jumlah sampah dapat berupa kegiatan komposting dan pemanfaatan sampah kembali. Minimisasi jumlah sampah yang harus ditimbun di *landfill* berarti meminimisasi timbulan gas rumah kaca yang terbentuk. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis besar penurunan timbulan sampah dan gas rumah kaca dengan upaya reduksi bertahap. Sampling timbulan dan komposisi sampah dilakukan di 6 TPS. Upaya reduksi bertahap dihitung bila terjadi peningkatan upaya reduksi sebesar 2% secara bertahap pada tiap tahunnya. Timbulan gas rumah kaca yang dihasilkan pada tiap tahunnya dihitung dengan menggunakan metode triangular. Timbulan sampah total pada tahun 2023 pada kondisi pengelolaan sampah dengan upaya reduksi bertahap, timbulan sampah yang direduksi tahun 2023 sebesar 3.875,75 ton atau 20%. Penurunan timbulan gas rumah kaca yang terbentuk dari sampah tahun 2023 dengan upaya reduksi optimal sebesar $6,637 \times 10^6 \text{ m}^3$ atau 67,32% dan dengan upaya reduksi bertahap sebesar $1,343 \times 10^6 \text{ m}^3$ atau 13,63%.

Kata Kunci—Potensi reduksi, upaya reduksi bertahap, timbulan gas rumah kaca, metode triangular.

I. PENDAHULUAN

PENINGKATAN timbulan sampah merupakan salah satu permasalahan dalam pengelolaan sampah Kota Madiun. TPA Winongo yang melayani penduduk Kota Madiun telah terisi 75% [1]. Oleh karena itu perlu adanya usaha minimisasi timbulan sampah. Kegiatan minimisasi sampah dapat dilakukan dengan melakukan kegiatan pengomposan dan pemanfaatan sampah kembali.

Kegiatan komposting dapat menyusutkan sebanyak 100 kg sampah basah dari berat awal 184 kg menjadi 84 kg [2]. Persentase sampah basah Kota Madiun sebesar 81% [3], sehingga kegiatan komposting tepat bila digunakan untuk menangani sampah basah Kota Madiun. Potensi reduksi sampah tidak hanya pada sampah basah, namun juga pada jenis sampah lain seperti kertas, plastik dan logam. Upaya reduksi bertahap dapat diimplementasikan di Kota Madiun untuk menekan jumlah timbulan sampah, dimana persentase reduksi meningkat 2% secara bertahap pada tiap tahun [3].

Penimbunan sampah di *landfill* menghasilkan gas CH_4 dan gas CO_2 , dimana gas CH_4 memiliki efek 21 kali lebih besar

dibanding gas CO_2 terhadap potensi terjadinya pemanasan global [4]. Reduksi timbulan sampah dapat menurunkan timbulan gas rumah kaca yang terbentuk di TPA karena jumlah sampah yang timbun mengalami reduksi. Timbulan gas metan dan gas karbondioksida yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah dapat dihitung menggunakan metode segitiga atau metode triangular. Perhitungan dengan metode triangular didasarkan pada reaksi kimia yang terjadi sehingga rumus kimia sampah perlu diketahui [5]. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis besar reduksi sampah terhadap penurunan timbulan gas rumah kaca dengan upaya reduksi bertahap.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis potensi reduksi sampah terhadap penurunan timbulan gas rumah kaca ini terdiri dari 3 tahapan, antara lain sebagai berikut:

A. Tahap Persiapan

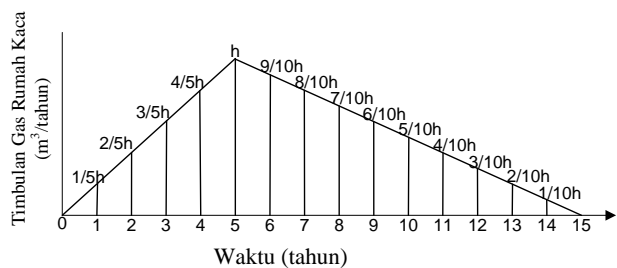
Pada tahap ini dilakukan penentuan mengenai ide penelitian, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, dan literatur yang mendukung tercapainya tujuan penelitian.

B. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang sesuai untuk menunjang tercapainya penelitian. Menurut cara mendapatkannya, jenis data dibedakan menjadi data sekunder dan data primer. Data sekunder yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut:

- Kondisi eksisting pengelolaan sampah Kota Madiun
- Daerah administratif dan jumlah penduduk Kota Madiun
- Profil bangunan komposter angin di TPS Kota Madiun

Data primer didapatkan dengan analisis laboratorium dan pengamatan langsung di lapangan. Sampling dilakukan di 6 TPS Kota Madiun. Kota Madiun terdiri dari tiga kecamatan yakni Kecamatan Taman, Mangunharjo dan Kartoharjo. Penentuan lokasi sampling dilakukan berdasarkan tingkat kepadatan penduduk.



Gambar 1. Grafik gas rumah kaca.

Kecamatan Taman memiliki tingkat kepadatan paling tinggi sehingga dipilih 3 TPS, Kecamatan Mangunharjo memiliki tingkat kepadatan sedang maka dipilih 2 TPS dan Kecamatan Kartoharjo memiliki kepadatan paling rendah sehingga dipilih 1 TPS. Data primer yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut:

- Densitas dan komposisi sampah Kota Madiun
- Kondisi eksisting komposter angin
- Data pemanfaatan sampah
- Karakteristik sampah

C. Tahap Analisis Data

Pada tahap ini data primer dan skunder diolah berdasarkan aspek teknis dan aspek lingkungan. Pada tahap ini data diolah untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan. Uraian mengenai aspek teknis dan lingkungan yang dianalisis pada penelitian, antara lain sebagai berikut:

- Aspek teknis

Aspek teknis yang dianalisis yakni mengenai perhitungan densitas, persentase komposisi sampah dan potensi reduksi timbulan sampah.

- Aspek lingkungan

Aspek lingkungan yang dianalisis adalah tentang besar timbulan gas rumah kaca yang dihasilkan pada pengelolaan sampah tanpa upaya reduksi dan dengan upaya reduksi bertahap. Timbulan gas rumah kaca yang dihasilkan dihitung dari sampah yang dihasilkan dalam kurun waktu 10 tahun yakni pada tahun 2012 hingga 2023. Perhitungan timbulan gas rumah kaca dilakukan dengan metode triangular.

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan dengan metode triangular adalah jumlah karakteristik sampah, komposisi sampah dan timbulan sampah [6]. Laju timbulan gas rumah kaca yang dihasilkan berdasarkan berat kering sampah dihitung dengan persamaan (1) dan perhitungan timbulan gas rumah kaca di landfill pada tiap tahun dapat dihitung dengan grafik timbulan gas rumah kaca yang ditunjukkan pada Gambar 1.

$$V_{CH_4/CO_2} = \frac{BM_{CH_4} / CO_2}{BM_{sampah} \cdot SW_{CH_4} / CO_2} \quad (1)$$

Keterangan:

V_{CH_4/CO_2} = Volume gas metan/karbondioksida (L)

BM_{CH_4/CO_2} = berat molekul CH_4/CO_2 (g/mol)

BM_{Sampah} = berat molekul sampah (g/mol)

SW_{CH_4/CO_2} = specific weights gas CH_4 (0,7167 g/L) atau CO_2 (1,9768 g/L)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampling densitas dan komposisi sampah selama 8 hari [7]. Densitas sampah ditunjukkan pada Tabel 1 dan Komposisi rata-rata sampah Kota Madiun ditunjukkan Gambar 2.

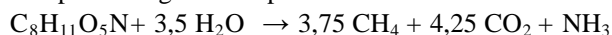
Data pemanfaatan sampah bisa dinyatakan dengan persentase *recovery material*. Nilai persentase *recovery material* didapatkan dengan membandingkan jumlah sampah yang dapat dijual dengan jumlah total sampah [5]. Tabel 2 menunjukkan persentase *recovery material* sampah Kota Madiun.

Persentase reduksi sampah pada kondisi pengelolaan sampah dengan upaya reduksi bertahap diasumsikan sebesar 2% pada tahun 2014, kemudian meningkat 2% secara bertahap pada tahun 2015 hingga tahun 2023 [3]. Tabel 3 menunjukkan berat sampah yang masuk ke dalam landfill pada pengelolaan sampah tanpa upaya reduksi dan dengan upaya reduksi bertahap.

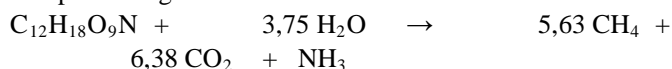
Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa timbulan sampah total pada Tahun 2023 tanpa upaya reduksi sebesar 28.645,33 ton sedangkan dengan upaya reduksi bertahap timbulan sampah yang ditimbun di landfill pada tahun 2023 sebesar 24. 769,59 ton.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium maka dapat diketahui bahwa rumus kimia sampah terdegradasi cepat adalah $C_8H_{11}O_5N$ dan sampah terdegradasi lambat adalah $C_{12}H_{18}O_9N$. Rumus kimia sampah digunakan untuk mengetahui persamaan stokiometri yang terjadi. Persamaan reaksi stokiometri sampah terdegradasi cepat dan lambat adalah sebagai berikut:

Sampah terdegradasi cepat



Sampah terdegradasi lambat



Berdasarkan koefisien mol yang didapatkan dari persamaan stokiometri, maka laju timbulan gas CH_4 dan gas CO_2 dapat dihitung dengan persamaan (1). Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan laju timbulan gas rumah kaca yang terbentuk dari sampah terdegradasi cepat dan lambat.

Setelah mengetahui laju timbulan gas rumah kaca, maka untuk menentukan timbulan gas rumah kaca di TPA dapat dihitung dengan mengalikan timbulan sampah terdegradasi cepat dan lambat yang ditimbun dalam landfill. Gambar 3 menunjukkan timbulan grafik gas rumah kaca yang dihasilkan pada pengelolaan sampah tanpa upaya reduksi dan dengan upaya reduksi bertahap. Uraian mengenai produksi gas rumah kaca disajikan melalui tabel 5 pada lampiran.

Tabel 1.
Hasil pengukuran densitas sampah rata-rata Kota Madiun

Nama TPS	Densitas rata-rata (kg/m ³)	Densitas per kecamatan (kg/m ³)
TPS Jalan Pucang Sari	164,48	
TPS Jalan Kapten Saputro	157,85	167,52
TPS Jalan margo bawero	180,23	
TPS Jalan Padjajaran	181,75	180,84
TPS Jalan Borobudur	179,94	
TPS Jalan Slamet Riadi	177,96	177,96
Rata-rata		175,44

Tabel 2.
Persentase *recovery material* sampah Kota Madiun

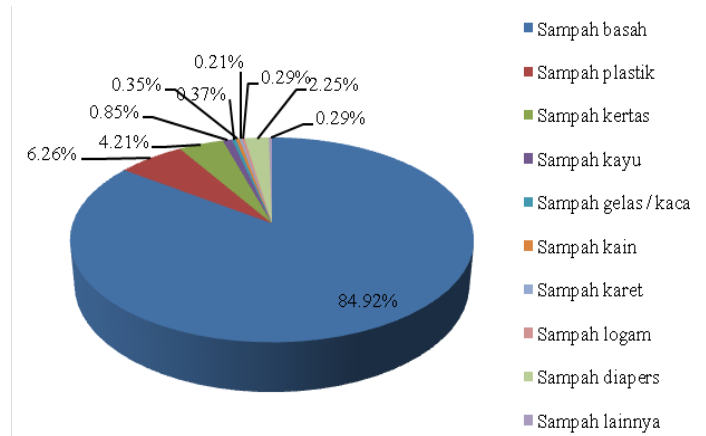
Komposisi	Recovery material (%)
Sampah basah	80,29
Plastik	78,24
Kertas	82,27
Kaca	64,61
Logam	90,00
Lain-lain	30,09

Tabel 3.
Berat sampah yang ditimbun di landfill

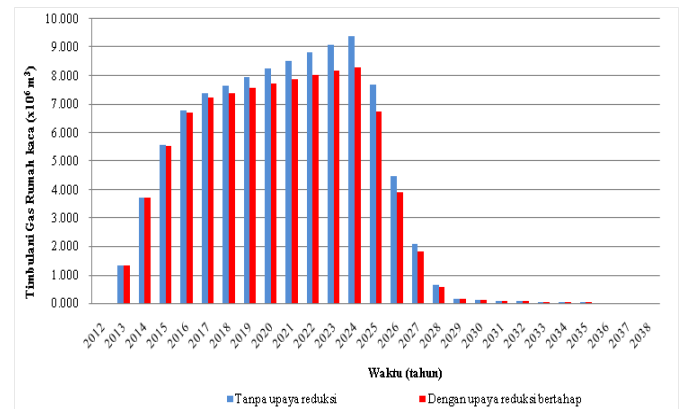
Tahun	Sampah pada landfill (ton/tahun)	
	Tanpa upaya reduksi	Dengan reduksi bertahap
2012	19.833,46	19.833,46
2013	20.607,91	20.607,91
2014	21.387,69	21.098,31
2015	22.172,80	21.572,80
2016	22.963,23	22.031,14
2017	23.758,98	22.473,13
2018	24.560,06	22.898,56
2019	25.366,46	23.307,20
2020	26.178,19	23.698,84
2021	26.995,25	24.073,26
2022	27.817,63	24.430,25
2023	28.645,33	24.769,59
Total	290.286,99	270.794,44

Tabel 4.
Laju timbulan gas rumah kaca berdasarkan berat kering sampah

Jenis sampah	Laju timbulan GRK (m ³ /thn.kg sampah)	
	CH ₄	CO ₂
Sampah terdegradasi cepat	0,4162	0,4692
Sampah terdegradasi lambat	0,3922	0,4421



Gambar. 2. Komposisi sampah rata-rata Kota Madiun.



Gambar 3. Perbandingan timbulan gas rumah kaca dengan pengelolaan sampah tanpa upaya reduksi dan dengan upaya reduksi bertahap

Total timbulan gas rumah kaca yang dihasilkan dari berat total sampah tahun 2023 tanpa upaya reduksi bertahap sebesar $9,859 \times 10^6 \text{ m}^3$, sedangkan pada pengelolaan sampah dengan upaya reduksi bertahap sebesar $8,516 \times 10^6 \text{ m}^3$.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan atas analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Besar timbulan sampah total pada tahun 2023 pada kondisi pengelolaan sampah tanpa upaya reduksi sebesar 290.286,99 ton, sedangkan besar timbulan sampah total pada tahun 2023 dengan upaya reduksi bertahap sebesar 3.875,75 ton atau 20%.
- Total produksi gas rumah kaca di TPA yang dihasilkan dari sampah yang dihasilkan pada tahun 2023 dengan pengelolaan sampah tanpa upaya reduksi sebesar $9,859 \times 10^6 \text{ m}^3$ dan pada pengelolaan sampah dengan upaya reduksi bertahap sebesar $8,516 \times 10^6 \text{ m}^3$. Oleh karena itu besar penurunan gas rumah kaca sebesar $1,343 \times 10^6 \text{ m}^3$ atau 13,63%.

LAMPIRAN

Tabel 5
Timbulan gas rumah kaca

Akhir tahun	Produksi Gas Rumah Kaca ($\times 10^6 \text{ m}^3$)					
	Tanpa reduksi			Upaya reduksi bertahap		
	Rapid	Slow	Rapid + slow	Rapid	Slow	Rapid + slow
2012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2013	1,334	0,002	1,336	1,334	0,002	1,336
2014	3,720	0,008	3,729	3,720	0,008	3,729
2015	5,531	0,019	5,551	5,511	0,019	5,531
2016	6,741	0,035	6,776	6,665	0,035	6,699

Lanjutan Tabel 5
Timbulan gas rumah kaca

Akhir tahun	Produksi Gas Rumah Kaca ($\times 10^6 \text{ m}^3$)					
	Tanpa reduksi			Upaya reduksi bertahap		
	Rapid	Slow	Rapid + slow	Rapid	Slow	Rapid + slow
2017	7,325	0,055	7,380	7,163	0,055	7,217
2018	7,590	0,077	7,667	7,321	0,077	7,397
2019	7,857	0,097	7,954	7,468	0,097	7,566
2020	8,125	0,117	8,242	7,611	0,117	7,727
2021	8,395	0,135	8,530	7,747	0,135	7,881
2022	8,668	0,151	8,818	7,877	0,151	8,028
2023	8,941	0,165	9,107	8,001	0,165	8,167
2024	9,217	0,178	9,395	8,119	0,178	8,298
2025	7,512	0,187	7,698	6,553	0,187	6,740
2026	4,265	0,186	4,452	3,703	0,186	3,889
2027	1,913	0,178	2,091	1,652	0,178	1,830
2028	0,482	0,162	0,644	0,414	0,162	0,576
2029	0,000	0,139	0,139	0,000	0,139	0,139
2030	0,000	0,114	0,114	0,000	0,114	0,114
2031	0,000	0,091	0,091	0,000	0,091	0,091
2032	0,000	0,070	0,070	0,000	0,070	0,070
2033	0,000	0,052	0,052	0,000	0,052	0,052
2034	0,000	0,037	0,037	0,000	0,037	0,037
2035	0,000	0,024	0,024	0,000	0,024	0,024
2036	0,000	0,013	0,013	0,000	0,013	0,013
2037	0,000	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006
2038	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0,002
Total	97,617	2,299	99,916	90,859	2,299	93,158

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Kota Madiun. 2010. "Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Madiun Tahun 2010-2030". Madiun.
- [2] Andersen, J.K., Boldrin, A., Christensen, T.H., dan Scheutz, C. 2011. "Mass Balance and Life Cycle Inventory of Home Composting of Organic Waste". *Waste Management* 31, 1934-1942.
- [3] Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Madiun. 2012. "Pengukuran Daya Dukung dan Daya Tampung Pengelolaan Sampah di Kota Madiun". Madiun.
- [4] Loureiro, S. M., Rovere, E. L. L., dan Mahler, C. F. 2013. "Analysis of Potential for Reducing Emissions of Greenhouse Gases in Municipal Solid Waste in Brazil, in the State and City of Rio de Janeiro". *Waste Management* xx, xxx-xxx.
- [5] Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S.A. 1993. "Integrated Solid Waste Management". New York: Mc Graw- Hill International Editions.
- [6] Kumar, S., Gaikwad, S. A., Shekdar, A. V., Kshirsagar, P. S., dan Singh, R. N. 2004. "Estimation Method for National Methane Emission from Solid Waste Landfills". *Atmospheric Environment* 38, 3481-3487.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. 1994. "SNI 19-3964-1994 Tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan". Jakarta